Journal of Sustainable Architecture and Environment
Vol 2, No 7, Autumn 2024
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
ISSN (Online): 2981-0892

Research Paper

Clarifying the Optimal Placement Pattern of Residential Apartments in the City of Shiraz with the Aim of Absorbing Sunlight in Order to Improve Climate Sustainability

Arash Bostanian: PhD Student in Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.
Hadi Keshmiri*: Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.
Tahereh Nasr: Professor, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

Received: 2024/07/04 **PP** 1--10 **Accepted:** 2024/10/19

Abstract
Today, with the increase in the construction industry and the introduction of new materials and methods of construction and its increasing speed, as well as the widespread advertising of these companies, especially in the field of windows, with the introduction of multi-layer windows, and their introduction as an option. suitable for optimizing energy consumption. Therefore, this research aimed to analyze and analyze their actual effect on energy control and also their effect on preventing Energy loss is paid. At first, he raised the issue of whether the presence of multi-layered windows can be useful for optimization, with the aim of achieving the effect of single and multi-layered windows, as well as the most suitable type of window in terms of the number of layers at different levels, and in Finally, by comparing one-layer, two-layer and three-layer windows at different levels, the most suitable type of window for each window surface was obtained through simulation. And finally, we can mention the significant effect of three-layered windows at the window level of 70-95%, double-layered windows at the levels of 45-70% and the lack of effect of multi-layered windows at low levels such as 20-45%.

Keywords: Urban Tourism, Strategic Planning, Qspm, Meta Swot, Kerman.

Citation: Bostanian, A., Keshmiri, H., & Nasr, T. (2024). **Clarifying the Optimal Placement Pattern of Residential Apartments in the City of Shiraz with the Aim of Absorbing Sunlight in Order to Improve Climate Sustainability,** *Journal of Sustainable Architecture and Environment*, 2 (7), 1-10.

* . **Corresponding author:** Hadi Keshmiri, **Email:** Keshmirihadi@yahoo.com

This article is derived from the doctorate thesis of the first author, which is entitled Analysis of the suitable pattern of the window in the south face of the residential building in shiraz city in order to optimize the energy consumption and absorb the required sunlight under the guidance of the second author and the advice of the third author at Islamic Azad University. Shiraz branch is in progress.

Extended Abstract

Introduction

Before the industrial revolution, most people lived in villages. With the advancement of technology, cities become the heart of economic activities (Zahedi and Nonezhad, 2024: 50). In recent years, factors such as global warming and the energy crisis in the world have caused many countries to experience changes in the field of effective and efficient use of energy. Especially after the crisis of 1970, there has been a significant sensitivity about energy consumption around the world (Malekahmadi et al, 2024: 2). In a world where the demand for energy is increasing every day and natural resources are decreasing at an alarming rate, managing and optimizing energy consumption has become one of the most important challenges of our century. Buildings, as one of the biggest energy consumers, play a key role in this equation, so that energy consumption in buildings accounts for one third of the country's annual energy consumption (Fatahlian and Fakhri, 2018). In general, the problem of the current research can be stated as follows: with the increase in the cost of construction, as well as the price difference between one-layer, two-layer and three-layer windows, it is very significant, and also whether these types of windows can have a definite effect on optimizing energy consumption. Therefore, the main goal of this research is to achieve the effectiveness of these types of windows in optimizing energy consumption by simulating and comparing multi-layered and single-layered windows with each other. Therefore, the current research has raised its question in this way, how was the difference between the use of single and multi-layered windows in the beginning, and the other question of the research is whether this difference is the same at different levels of the window compared to the wall, and this change to What shape is it? It is assumed that the effect of multi-layered and single-layer windows is not the same on different levels of the window, and this effect can be different on different levels, which varies in the selection of multi-layered glass for each level of the window.

Methodology

The current research method is applied in terms of purpose and based on the descriptive-analytical research data collection method. And also, data collection was in a library form, in the sense that, in the first step, the theoretical foundations and background of the research were collected from up-to-date and reliable domestic and foreign scientific sources, which included books and scientific research articles, and in the continuation of the research, analysis was done. And the data analysis has been carried out quantitatively and qualitatively, by using the modeling method of the following software, the simulation and analysis of the findings have been done.The methodology of this research is quantitative and the data collection tools are in the form of a library, and at first, using up-to-date climate data that was taken from the global website of the Energy Plus computing engine in full with all the details and in the software Metanorm of this data is categorized and converted into recognizable format in Honeybee and Ladybug energy modeling software. In order to understand and analyze before starting the design process, he collected information in the form of a library, which can be referred to international experiences in this field, and after collecting the library, he examined the climate data that was in the form of a diagram. will be paid Climatic data of Shiraz, which is one of the hot and dry cities. And finally, with the help of the patterns mentioned in the library studies and combining and analyzing it with the climatic data of Shiraz city, we will start designing with the climatic pattern of hot and dry areas. In this research, the simulation method was used with the help of Honeybee and Ladybug software, which three types of window glass were modeled as one layer, two layers and three layers and at different levels from 20% to 95%. , with a 5% change in the levels, one by one has been simulated and analyzed. At first, a building model was modeled in Rhino and Grass Hopper software, then climate data and climate modeling were done in Honey Bee software, and the outside environment was simulated in Ladybug software. Finally, all the analyzes are put together in a specific table in the form of energy consumption in watts per square meter to be analyzed and evaluated in a comparative manner.

Results and discussion

In other words, we can point to the significant effect of using a three-layer window instead of

a single layer in high light-reflecting levels, such as 95% of the light-reflecting surface, the effect of which is a difference of more than 40 watts per square meter, as well as a difference of 38 and 33 watts per square meter at 90 and 85% skylight levels, a difference of 29, 25 and 21 watts per square meter for levels of 80, 75 and 70% of the skylight surface, as well as a difference of 18, 14 and 12 watts per square meter in line with the difference in window use. One layer and three layers are at 65, 60 and 50% light absorbing levels. In the following, with the decrease of the skylight surface, this difference was less than 10 watts per square meter and even less than 5 watts per square meter, and this continued until 20% of the skylight surface, the difference between one-layer and three-layer windows The layer is only 1.4 watts per square meter, and also in the light absorption levels of 20% to 50%, there is no difference between the energy consumption in two-layer and three-layer windows, or in the end, this difference reaches only one watt per square meter, this is in While this difference for two-layer and three-layer windows is 5 watts per square meter for 55% to 70% of the skylight surface, but for 70% to 85% of the skylight surface it is 7 and 8 watts per square meter, and for 90 to 95% of the surface The skylight is a maximum of 10 and 12 watts per square meter.From this analysis, it can be concluded that the use of a three-layered window is not different from a double-layered window in a window with levels of 20-50%, and the same double-layered window can be used, but in more reflective levels such as 70-95%. The more this skylight level increases, the effect of multi-layer windows can be more effective and play a significant role in energy control and optimizing energy consumption.

Conclusion

Triple-glazed windows at all light levels (from 95 to 20) have the best performance in reducing energy consumption. The difference in energy consumption between single-layer and three-layer windows is very large at high light levels, so that this difference reaches 43.48 at the light level of 95. This difference is reduced by reducing the amount of daylight, but still triple-layer windows are the best option in situations where high thermal control is required. Double-layer windows also perform better than single-layer windows, and at high light levels (like 95 and 90), a significant difference in energy consumption is observed. For example, at the light level of 95, the energy consumption difference between single-layer and double-layer windows is equal to 31.83. As the amount of daylighting decreases, this difference decreases, but double-layered windows are still a good option for reducing energy consumption compared to single-layered windows. Single-layer windows have an acceptable performance at low light levels (such as 20 and 25) due to reducing the need for thermal control. At these levels, the difference in energy consumption with double-layered and triple-layered windows is minimized. In order to choose the most suitable type of window, the ambient lighting level and thermal requirements must be carefully examined. Three-layer windows perform best in reducing energy consumption and are recommended for situations requiring high thermal control. Double-layered windows are also a good option and have lower energy consumption compared to single-layered windows. Finally, in conditions with lower thermal requirements and low light levels, single-layer windows can also provide acceptable performance and be economically viable.

References

1. Ahmed Emad Ahmed, Mahmood Sh. Suwaed, Ahmed Mohammed Shakir, Ahmed Ghareeb, (2023), The impact of window orientation, glazing, and window-to-wall ratio on the heating and cooling energy of an office building: The case of hot and semi-arid climate, Journal of Engineering Research https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.034
2. Avazali-Pour Haghighat-Parast, Sh.; Taghizadeh, Y. & Zabihi, H. (2019). Designing a local model in hot-dry climates to reduce energy consumption in the housing sector (Case study: Yazd). Environmental Science & Technology, 3(21), 227-236. https://doi.org/10.22034/jest.2019.14554 [In Persian]
3. Bagheri Esfeh, H. & Shahriyar, M. (2019). The effect of using different gases in multi-glazed windows to reduce building heat loss. Modares Mechanical Engineering, 19(6), 1409-1416. http://dorl.net/dor/20.1001.1.10275940.1398.19.6.24.8 [In Persian]

4. Edward Field, Aritra Ghosh, Energy assessment of advanced and switchable windows for less energy-hungry buildings in the UK, Energy, Volume 283, 2023 https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128999
5. Fathalian, A. & Kargar Sharifabad, H. (2017). Investigating the effect of replacing single-glazed windows with double-glazed ones in office buildings in the Semnan climate using DesignBuilder software. Journal of Mechanical Engineering & Vibrations, 8(4), 14-19. https://sanad.iau.ir/fa/Article/934265?FullText=FullText [In Persian]
6. Ghaffari Jabbari, Sh. & Saleh, E. (2013). Housing design strategies for optimizing energy consumption in Tehran. Energy Policy & Planning Research Quarterly, 1(1), 115-132. https://epprjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-2-6&sid=1&slc_lang=fa [In Persian]
7. H. Manz, (2008), On minimizing heat transport in architectural glazing, enew Energy, vol. 33: 119-128. https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.01.007
8. Hashemi, F. & Heidari, Sh. (2012). Optimizing energy consumption in residential buildings in cold climates (Case study: Ardabil). Soffeh, 22(1), 75-86. [In Persian]
9. Ignacio Acosta, Miguel Ángel Campano, Juan Francisco Molina, (2016), Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces, Applied Energy, Volume 168, Pages 493-506. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.005
10. M. Arıcı, H. Karabay, M. Kan, (2015), Flow and heat transfer in double, iple and quadruple pane windows, Energy Build, vol. 86: 394-402. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.043
11. M.S. Söylemez, (2009), Thermo economical optimization of number of panes for windows, Journal of Energy Engineering, ASCE 135, 21-24
12. Malek-Ahmadi, S.; Majedi, H. & Labbazadeh, R. (2024). Energy optimization in cold and hot seasons using the Trombe wall in office buildings. Journal of Sustainable Architecture & Environment, 2(2), 1-14. https://sanad.iau.ir/journal/jsae/Article/1105352 [In Persian]
13. Nazarboland, N.; Ghiaei, M. M. & Mafi, M. (2024). Reducing energy consumption through curtain optimization in high-rise residential buildings inspired by traditional light wells in Shiraz. Islamic Art Studies, 18(42), 394-408. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.1735708.1400.18.42.25.6 [In Persian]
14. Pilechiha, P., Bayat, M., & Ghasemi Nasab, M., (2021). Energy Optimization of Double Glazed Window Parameters in Hot and Arid Climate (Case Study: the Southern Front of an Office Building in Tehran). Hoviateshahr, 15(47), 5-14. SID. https://sid.ir/paper/951410/en [In Persian]
15. Saboor Shaik, Venkata Ramana Maduru, Gorantla Kirankumar, Müslüm Arıcı, Aritra Ghosh, Karolos J. Kontoleon, Asif Afzal, (2022), Space-age energy saving, carbon emission mitigation and color rendering perspective of architectural antique stained glass windows, Energy, Volume 259. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124898
16. Shaeri, J.; Vakili-Nejad, R. & Yaghoubi, M. (2019). The effect of interstitial gases in double- and triple-glazed windows on cooling and heating loads of office buildings in hot-humid, hot-dry, and cold climates of Iran. Iranian Architecture & Urbanism, 10(2), 211-225. https://doi.org/10.30475/isau.2020.103683 [In Persian]
17. Tafakkori, R., Fattahi, A., (2021), Introducing novel configurations for double-glazed windows with lower energy loss, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 43. https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100919
18. Vahabi, V. & Mahdavi-Nia, M. (2018). The impact of the physical characteristics of window coverings on the thermal performance of residential buildings in Tehran. Iranian Architecture & Urbanism (JIAU), 9(1), 75-90. https://doi.org/10.30475/isau.2018.68581 [In Persian]
19. Washim Akram,M , M. Hasannuzaman, Erdem Cuce, Pinar Mert Cuce, (2023), Global technological advancement and

challenges of glazed window, facade system and vertical greenery-based energy savings in buildings: A comprehensive review, Energy and Built Environment, Volume 4, Issue 2 , Pages 206-226. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.11.003

20. Xiaosong Su, Ling Zhang, Zhongbing Liu, (2023), Daylighting and energy performance of the combination of optical fiber based translucent concrete walls and windows, Journal of Building Engineering, Volume 67. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105959

21. Xinpeng Yang, Dong Li, Ruitong Yang, Yuxin Ma, Xiangyu Tong, Yangyang Wu, Müslüm Arıcı, (2023), Comprehensive performance evaluation of double-glazed windows containing hybrid nanoparticle-enhanced phase change material, Applied Thermal Engineering, Volume 223, https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.119976.

22. Yueping Fang, Trevor J. Hyde, Farid Arya, Neil Hewitt, Ruzhu Wang, Yanjun Dai, Enhancing the thermal performance of triple vacuum glazing with low-emittance coatings, Energy and Buildings, Volume 97, 2015, Pages 186-195, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.006.

23. Zahedi, M. M. & Nonejad, N. (2024). Examining urban sustainable transportation system indicators to improve urban spaces (Case study: Sattarkhan neighborhood, Tehran). Architecture and Sustainable Environment, 2(5), 49-69. https://sanad.iau.ir/Journal/jsae/Article/1121827 [In Persian]

فصلنامه معماری و محیط پایدار
دوره ۲، شماره ۷، پاییز۱۴۰۳
https://sanad.iau.ir/journal/jsae
شاپا الکترونیکی: ۰۸۹۲-۲۹۸۱

مقاله پژوهشی

مقایسه‌ی تطبیقی پنجره یک لایه، دو لایه و سه لایه در جبهه‌ی جنوبی ساختمان‌های مسکونی شهر شیراز در سطوح مختلف نورگیر

آرش بستانیان: دانشجوی دکتری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

هادی کشمیری[۱]: دانشیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

طاهره نصر: استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

دریافت:۱۴۰۳/۰۴/۱۴ **صص** ۱۰-۱ **پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۷/۲۸

چکیده

امروزه با افزایش صنعت ساخت و ساز و معرفی متریال‌ها و شیوه‌های جدید ساخت و سرعت روز افزون آن و همچنین تبلیغات گسترده‌ی این شرکت‌ها، علی الخصوص در حوزه‌ی پنجره با معرفی پنجره‌های چند لایه، و معرفی آن‌ها به عنوان گزینه‌ی مناسب برای بهینه‌سازی مصرف انرژی اشاره کرد. از این رو، این پژوهش بر آن شد تا با تحلیل سطوح مختلف نورگیر در جبهه‌ی جنوبی ساختمان با شبیه‌سازی پنجره‌ی یک لایه، دو لایه و سه لایه، به تحلیل و آنالیز تأثیر واقعی آن‌ها بر کنترل انرژی و همچنین تأثیر آن‌ها از جلوگیری اتلاف انرژی پرداخته است. در ابتدا این مسأله را مطرح کرده که آیا وجود پنجره‌های چند لایه می‌تواند برای بهینه‌سازی مفید بوده و با هدف دست‌یابی به تأثیر پنجره‌ی یک و چند لایه و همچنین مناسب‌ترین نوع پنجره از نظر تعداد لایه در سطوح مختلف، و در نهایت با مقایسه‌ی تطبیقی پنجره‌های یک لایه، دو لایه و سه لایه در سطوح مختلف به صورت شبیه‌سازی به مناسب‌ترین نوع پنجره برای هر میزان سطح پنجره دست یافت. و در نهایت می‌توان به تأثیر قابل توجه نقش پنجره‌های سه لایه در سطح پنجره‌ی ۷۰ الی ۹۵ درصد، پنجره‌ی دو لایه در سطوح ۴۵ الی ۷۰ درصد و عدم تأثیر پنجره چند لایه در سطوح پایین مانند ۲۰ الی ۴۵ درصد اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی:پنجره، یک لایه، دو لایه، سه لایه، شیراز

استناد: بستانیان، آرش؛ کشمیری، هادی و نصر، طاهره (۱۴۰۳). **مقایسه‌ی تطبیقی پنجره یک لایه، دو لایه و سه لایه در جبهه‌ی جنوبی ساختمان‌های مسکونی شهر شیراز در سطوح مختلف نورگیر**، *فصلنامه معماری و محیط پایدار*، ۲(۷)، ۱-۱۰.

[۱] **نویسنده مسئول:** هادی کشمیری، **پست الکترونیکی:** Keshmirihadi@yahoo.com

این مقاله مستخرج از رساله دکترای نویسنده اول می باشد که با عنوان واکاوی در الگوی مناسب پنجره در جبهه ی جنوبی ساختمان مسکونی شهر شیراز در راستای بهینه سازی مصرف انرژی و جذب نور مورد نیاز خورشید به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز در حال انجام است.

مقدّمه

قبل از انقلاب صنعتی، زندگی اکثر مردم در روستاها بود. با پیشرفت تکنولوژی، شهرها به قلب فعالیت‌های اقتصادی تبدیل شدن (زاهدی و نونژاد، ۱۴۰۳: ۵۰). در سال‌های اخیر عواملی مانند گرمایش جهانی و بحران انرژی در جهان باعث شده است تا بسیاری از کشورها تحولاتی را در زمینه‌ی استفاده مؤثر و کارآمد از انرژی تجربه کنند. به ویژه پس از بحران ۱۹۷۰، حساسیت قابل توجهی در مورد مصرف انرژی در سراسر جهان ایجاد شده است (ملک احمدی و همکاران، ۱۴۰۳). در دنیایی که هر روز بر تقاضا برای انرژی افزوده می‌شود و منابع طبیعی با سرعتی نگران‌کننده در حال کاهش هستند، مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن ما تبدیل شده است. ساختمان‌ها، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی، نقش کلیدی در این معادله دارند بطوری که مصرف انرژی در ساختمان یک سوم مصرف انرژی سالانه کشور را به خود اختصاص می‌دهد (فتحعلیان و کارگر شریف‌آباد، ۱۳۹۶). در این میان، پنجره‌ها به عنوان بخشی از پوسته ساختمان‌ها، می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر روی کارایی انرژی داشته باشند. در سطح جهانی صرفه‌جویی در مصرف انرژی بحث جدیدی نیست اما در مورد ایران و به خصوص در بخش ساختمان اهمیت موضوع تازه روشن شده و اقدامات اولیه در این راستا آغاز شده است. در حال حاضر در کشور ما با توجه به آمار و ارقام مصرف سوخت، بهینه‌سازی و منطقی کردن مصرف انرژی به خصوص در بخش ساختمان سازی و به ویژه در مرحله طراحی امری حیاتی است. در بخش طراحی ساختمان که بر عهده معمار است، صرفه‌جویی در مصرف انرژی از طریق توجه به جانمایی فضاها در پلان بر اساس تطبیق الگوی اشغال فضا با چرخه خورشیدی، انتخاب پوسته مناسب با اقلیم و شرایط محیطی با توجه به تابش دریافتی و اتلاف حرارت حاصل از آن و همچنین انواع شیشه در کاهش مصرف انرژی ساختمان مؤثر است (شاعری و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از روش‌های کم هزینه و قابل اجرا جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، به کارگیری پنجره با شیشه‌های چند جداره بجای یک جداره در ساختمان نمونه می‌باشد. با استفاده از پنجره و شیشه چند جداره تبادل حرارتی از طریق پنجره کاهش خواهد یافت.اما این میزان تا چه اندازه می‌باشد؟ این مقاله ابتدا به اختصار به معرفی ۳ نوع پنجره یک جداره، دو جداره و سه جداره می‌پردازیم و سپس و تأثیر آن‌ها بر میزان مصرف انرژی را مقایسه می‌کند. با در نظر گرفتن اینکه هر انتخابی در طراحی ساختمان می‌تواند بر روی مصرف انرژی تأثیر بگذارد، این مقاله به دنبال آن است که نشان دهد چگونه انتخاب پنجره‌های مناسب می‌تواند به کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش راحتی ساکنین کمک کند. به طور کلی بیان مسأله پژوهش حال حاضر را چنین می‌توان بیان کرد که با افزایش هزینه‌ی ساخت و ساز و همچنین اختلاف قیمت بین پنجره‌های یک لایه، دو لایه و سه لایه بسیار قابل توجه بوده و همچنین آیا این نوع پنجره‌ها می‌توانند تأثیر مشخصی در بهینه‌سازی مصرف انرژی داشته باشند. از این رو هدف اصلی این پژوهش بر این بوده تا با شبیه‌سازی و مقایسه‌ی تطبیقی پنجره‌های چند لایه و تک لایه با یکدیگر به میزان تأثیر این نوع پنجره‌ها در بهینه‌سازی مصرف انرژی دست یابد. بنابرین تحقیق حال حاضر سؤال خود را این گونه مطرح کرده که در ابتدا اختلاف استفاده از پنجره‌های یک و چند لایه با یکدیگر چگونه بوده بوده و سؤال دیگر پژوهش، آیا این اختلاف در سطوح مختلف پنجره نسبت به دیوار یکی می‌باشد و این تغییر به چه شکل است. فرض بر این می‌باشد اختلاف تأثیر پنجره چند لایه و تک لایه در سطوح مختلف پنجره یکی نبوده و این تأثیر می‌تواند در سطوح مختلف متفاوت بوده که در انتخاب چند لایه بودن شیشه برای هر سطح از پنجره متغیر باشد.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینهٔ صرفه‌جویی انرژی حاصل از بهینه‌سازی ابعاد پنجره‌ها و نوع شیشه آن‌ها در ساختمان‌ها انجام شده است. این تحقیقات در چند شاخه اصلی هستند ازجمله: بهینه‌سازی شیشه پنجره و سطح بهینه پنجره از نظر دریافت تابش خورشید و اتلاف حرارت و دریافت نور روز.در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۶ توسط افشین فتحعلیان و هادی کارگر شریف آباد با نام "بررسی تأثیر تعویض پنجره با شیشه‌های دو جداره بجای تک جداره در ساختمان اداری در اقلیم سمنان به کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر" انجام شد نشان داده شد علت اصلی اتلاف انرژی در بناهای کشور، علاوه بر طراحی نادرست در سبک شهرسازی بکارگیری مصالح نامناسب در اجزای مختلف ساختمان می‌باشد. در نتیجه می‌توان با اجرای برخی راهکارهای ساده از اتلاف مقدار قابل توجهی انرژی تجدید ناپذیر جلوگیری کرد. در این تحقیق، ، بهینه‌سازی مصرف انرژی در یک ساختمان اداری واقع در اقلیم شهرستان سمنان با پیشنهاد جایگزینی پنجره با شیشه‌های دوجداره کم‌گسیل در جدار خارجی بجای پنجره تک جداره با وضعیت موجود توسط نرم‌افزار شبیه ساز دیزاین بیلدر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از صرفه‌جویی انرژی سالیانه به میزان ۱۲درصد در بار سرمایشی، ۲ درصد در بار گرمایشی و ۱۱ درصد در بار کلی ساختمان نمونه بوده است (فتحعلیان و کارگر شریف‌آباد، ۱۳۹۶). در مطالعه دیگری که توسط شاعری و همکاران با عنوان "تأثیر نوع گازهای میانی پنجره‌های دو و سه جداره بر بار سرمایش و گرمایش ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم و مرطوب, گرم و خشک و سرد ایران. معماری و شهرسازی ایران،"

تأثیر انواع گازهای میانی در پنجره‌های دو و سه جداره بر میزان بار سرمایش و گرمایش یک ساختمان اداری نمونه مورد بررسی قرار گرفت و شبیه‌سازی‌ها با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخه ۵,۰۲,۰۰۳ انجام شده و مجموع بار سرمایش و گرمایش سالانه در هر حالت محاسبه شده است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از پنجره‌های دو و سه جداره سبب کاهش بار سرمایش و گرمایش می‌شود. در تمامی شهرهای مورد مطالعه پنجره‌ی سه جداره با استفاده از هوا و گاز آرگون مناسب‌ترین نوع پنجره است. و به این نتیجه دست یافتند که با افزایش تعداد جداره می‌توان ٪۵۰ تا ٪۶۷ میزان انتقال حرارت را کاهش داد (شاعری و همکاران، ۱۳۹۸). از این می‌ان بخش زیادی از انرژی جهت تأمین دمای آسایش محیط داخل از طریق دستگاه‌های سرمایش و گرمایش مصرف می‌گردد. از طرفی تقریباً نیمی از بار حرارتی و برودتی در ساختمان ها از طریق پنجره‌ها اتلاف میشود (شاعری و همکاران، ۱۳۹۸). اگرچه تابش مستقیم آفتاب بر جدارهای شفاف ساختمان، امکان گرمایش طبیعی فضاهای داخلی آن را فراهم می‌سازد، اما همین تابش می‌تواند موجب گرم شدن بیش از حد فضاهای داخلی ساختمان در مواقع گرم باشد. به همین دلیل، کنترل تابش مستقیم آفتاب بر جدارهای خارجی ساختمان، به ویژه سطوح شفاف، به لحاظ تاثیر گلخانه‌ای تابش آفتاب بر این سطوح، اهمیت ویژه‌ای دارد (وهابی و مهدوی‌نیا، ۱۳۹۸: ۷۶). مناطق مختلف آب و هوایی نیاز به عملکرد متفاوت پنجره‌ها دارند (Edward and Aritra, 2023: 3). با توجه به در نظر داشتن این حقیقت که شدت مصرف انرژی در کشور ما بیش از چهار برابر متوسط جهانی آن برآورد شده است، بدین ترتیب با ادامه روند موجود در مصرف انرژی در کشور، در چشم انداز ، ۱۴۰۴ ایران از صادرکننده خالص انرژی به یک کشور واردکننده انرژی مبدل خواهد شد و مزیت‌های نسبی درآمدهای سرشار ناشی از صادرات انرژی را نیز از دست خواهد داد. مقایسه ایران با کشورهای دنیا از نظر شاخص‌های کلان انرژی نشان می‌دهد که متأسفانه در رتبه‌ی مناسبی قرار نداریم. این وضعیت نامناسب در سطوح مصرف نهایی هم چون بخش‌های مسکن و ساختمان، حمل و نقل و صنعت نیز مشاهده می‌شود (عوضعلی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۳). امروزه ساخت و ساز ساختمان به سمت طرح‌های جدیدی با هدف به حداقل رساندن مصرف انرژی می‌باشد، از این رو بهره وری انرژی قطعاً یکی از مهم‌ترین اصول طراحی ساختمان در آینده نزدیک خواهد بود. از آن سو معیارهای دینامیک نور روز قابل اعتمادترین ابزار برای تعیین صرفه‌جویی انرژی در راستای استفاده مناسب روشنایی و کاهش مصرف انرژی در روشنایی الکتریکی می‌باشد (Ignaciao et al, 2016: 503). پنجره‌ها به عنوان جزء اصلی ساختمان که امکان دید بیرون و نور روز را فراهم می‌کند معمولاً از نظر عملکرد حرارتی ناکارآمد عمل می‌کنند. به همین دلیل، تحقیقات گسترده‌ای برای توسعه پوشش‌های ساختمانی با انرژی کارآمد برای کاهش مصرف انرژی خالص برای گرمایش، سرمایش و روشنایی مصنوعی انجام شده است (Xiaosong et al, 2023). نتایج نشان داده که شیشه‌های دولایه نسبت به شیشه‌های تک لایه سکوریت به اندازه ۵۰ درصد عملکرد بهتر، هم چنین شیشه های با ضخامت بیشتر و با فاصله میانی بیشتر بین دوجداره در شیشه‌های دو لایه، نسبت به انواع دیگر شیشه‌ها به اندازه ۱۶ درصد عملکرد مناسب‌تری را در ارتباط با عامل زمان تأخیر جریان حرارت دارا می‌باشد (نظربلند و همکاران، ۱۴۰۳: ۴۰۲). آریکی و همکاران با استفاده از تحلیل عددی به بررسی تأثیر تعداد جداره‌های شیشه بر انتقال حرارت پرداخته و به این نتیجه دست یافتند که با افزایش تعداد جداره می‌توان ٪۵۰ تا ٪۶۷ میزان انتقال حرارت را کاهش داد. همچنین می‌توان از فیلم‌هایی جهت تنظیم نور خورشید در پنجره‌های دو جداره استفاده کرد. استفاده از فیلم‌ها باعث کاهش ٪۵۲ مصرف انرژی در اقلیم گرم و ۱۰ درصد در اقلیم سرد می‌گردد (شاعری و همکاران، ۱۳۹۸). پنجره‌های چهار جداره با پوشش‌های سطح پایین روی سطوح شیشه‌ای و همچنین یک لایه هوای بهینه، می‌تواند انتقال حرارتی را به شدت کاهش داده، که منجر به صرفه‌جویی ٪۷۱ گردد. همچنین سیستم‌های لعاب دار با ساختارهای بیومیمتیک نیز می‌تواند باعث ۲۰ درصد صرفه‌جویی انرژی در مصرف برق در مقایسه با شیشه‌های معمولی برای آب و هوای گرم و سرد گردد (Shaik et al, 2022: 3). این پنجره‌ها که از یک لایه شیشه ساخته شده‌اند به عنوان یکی از گزینه‌های طراحی معماران در گذشته به شمار می‌رفته است. اما پس از بحران های مربوط به گرم شدن زمین و مشکلات زیادی که در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی در انرژی به وجود آمد استفاده از این پنجره‌ها به علت عایق بندی‌های حرارتی و صوتی ضعیف کاهش یافت و گزینه‌های دیگری مانند پنجره‌های دولایه چندلایه جایگزین این نوع پنجره‌ها شدند. با افزایش تعداد لایه‌های شیشه در پنجره‌های تک جداره و پرکردن فضای خالی بین شیشه‌ها با استفاده از گازهای مختلف، سیلیکا آئروژل و مواد تغییر فازدهنده می‌توان پنجره‌های چند جداره تولید کرد. پنجره‌هایی که به این صورت تولید می‌شوند ضریب تبادل حرارتی به مراتب کمتری نسبت به پنجره‌های تک جداره دارند (Soylemez, 2009) در تحقیقی که در سال ۲۰۱۵ توسط آریکی و همکاران انجام شد (Arici et al, 2015) مشخص شد که در صورت استفاده از پنجره‌های سه یا چهار لایه به جای پنجره‌های دولایه می‌توان تا میزان ۵۰ الی ۶۷ درصد از هدر رفت انرژی حرارتی را کاهش داد علاوه بر این آن‌ها نشان دادند که علی رغم هزینه‌های اولیه‌ی زیاد استفاده از پنجره‌های چندلایه که شامل مزایایی از جمله بهبود عملکرد حرارتی (Yueping et al, 2015) بهبود عملکرد صوتی و کاهش خیرگی می‌باشد روبه افزایش است.هوا آرگون کریپتون و زنون از جمله متداول‌ترین گازهایی هستند که در فواصل لایه‌های میانی شیشه قرار گرفته و سبب بهبود عملکرد

این نوع پنجره‌ها می‌شود. علاوه بر نوع گازها باید فاصله‌ی میان شیشه‌ها نیز بهینه گردد (Manz, 2008) در این صورت می‌توان بهترین عملکرد را از این نوع پنجره‌ها انتظار داشت. میان انواع پنجره‌ها، نوعی از پنجره‌های دوجداره (نه شیشه‌ی دو جداره)، وجود داشته است؛ که در قسمت‌هایی که نور مستقیم از پنجره‌ها وارد بنا می‌شد، به خصوص در نمای بیرونی بناها و در ضلع شرق یا غرب، به کار گرفته می‌شد. در این نوع از پنجره‌ها، جداره‌ی داخلی، شیشه خور و جداره‌ی خارجی، کرکره‌ای بوده است (Hozhabr et al, 2021: 160). پنجره‌های یک جداره را با پنجره‌های دو جداره در مناطق گرم‌تر مقایسه کردند و دریافتند که شیشه‌های دوجداره بارهای خنک‌کننده را در ساختمان‌هایی با عایق دیواری کافی و حداقل تهویه کاهش می‌دهد، به‌ویژه زمانی که لایه بیرونی آن رنگ‌آمیزی یا به شدت بازتابنده است (Ahmed et al, 2023: 2). پنجره‌های دوجداره به عنوان یک تکنولوژی شیشه چند لایه خاص می‌تواند راه حلی ایده‌آل برای غلبه بر چالش‌های فوق الذکر باشد .استفاده از پنجره‌های دوجداره می‌تواند نقشی حیاتی در افزایش بهره وری انرژی روشنایی، سیستم گرمایش و سرمایش ساختمان و بهبود دما و محیط آسایش صوتی آن ساختمان برای شرایط داخلی داشته باشد (Washim Akram et al, 2023). پنجره شفاف دو جداره با بهترین ترکیب شیشه، گاز، و فاصله هوایی از دیگر انواع پنجره در جهت جنوب نشان می‌دهد. همان طور که مشهود است بهترین ترکیب، مربوط به شیشه رفلکس در ترکیب با گاز زنون و فاصله هوایی ۸ میلی‌متر است حداکثر صرفه‌جویی انرژی را به میزان ۱۵ درصد پنجره در جداره جنوبی فراهم می‌کند. بعد از آن بهترین ترکیب به ترتیب مربوط به پنجره دو جداره با شیشه طیفی و فاصله هوایی ۶ میلی‌متر پرشده از گاز زنون، شیشه آبی و فاصله هوایی ۱۳ میلی‌متری پرشده از گاز زنون و شیشه معمولی و فاصله هوایی ۳ میلی‌متری پرشده از گاز آرگون است که هر کدام به ترتیب ۱۳، ۸ و ۰,۲ درصد نسبت به مدل مرجع بهتر عمل می‌کنند. همان طور که مشهود است پنجره دو جداره با شیشه کم گسیل و شیشه جذاب حتی در بهترین حالت خود انتخاب مناسبی برای جایگزینی با مدل مرجع نیستند (Pilechiha et al, 2021: 12). در مقایسه با پنجره‌های تک‌لایه سنتی با مقاومت حرارتی پایین و عملکرد عایق حرارتی، محققان دریافتند که ترکیب مواد خاص با ویژگی های خاص و پنجره‌های چند لایه به طور قابل‌توجهی مصرف گرمای پنجره‌ها را کاهش می‌دهد (Xinpeng et al, 2023). چاو و لیو یک پنجره دو جداره پر از آب خالص را بررسی کردند .حفره پنجره حاوی لوله‌های مبدل حرارتی غوطه ور بود .عملکرد حرارتی بین ۲۰ تا ۵۰ درصد در شرایط مختلف آب و هوایی معرفی شد .علاوه بر این، آن‌ها در مقایسه با انواع رایج پنجره‌های دو جداره، حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد در انرژی الکتریکی صرفه‌جویی کردند (Tafakkori & Fattahi, 2021).

نمودار ۱- مدل مفهومی نتیجه‌گیری پژوهش (منبع: مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

مواد و روش تحقیق

روش پژوهش حال حاضر از نظر هدف کاربردی و بر اساس شیوه‌ی گردآوری داده‌های پژوهش توصیفی- تحلیلی می‌باشد. و همچنین گردآوری داده‌ها به صورت کتابخانه‌ای بوده، از این نظر که، در گام نخست مبانی نظری و پیشینه پژوهش از منابع به روز و معتبر علمی داخلی و خارجی که شامل کتاب و مقالات علمی پژوهشی بوده گردآوری شده، و در ادامه پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت کمی و کیفی صورت گرفته است که با بهره‌گیری از شیوه‌ی مدل‌سازی از نرم‌افزارهایی که در ادامه مطرح شده به شبیه‌سازی و تحلیل یافته‌ها پرداخته شده است.

روش‌شناسی این پژوهش به صورت کمی بوده و ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای بوده و در ابتدا با استفاده از داده‌های اقلیمی به روز که از سایت جهانی موتور محاسباتی انرژی پلاس به صورت کامل با تمامی جزئیات برداشته شده و در نرم‌افزار متونورم این داده‌ها دسته‌بندی شده و به صورت فرمت قابل تشخیص در نرم‌افزار مدل‌سازی انرژی هانی بی و لیدی باگ تبدیل شده. به منظور شناخت و تحلیل پیش از آغاز روند طراحی به جمع آواری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای پرداخته، که می‌توان به تجارب بین‌المللی در این زمینه اشاره کرد و پس از جمع‌آوری کتابخانه‌ای به بررسی داده‌های اقلیمی که به شکل نمودار در آمده پرداخته خواهد شد. داده‌های اقلیمی شهر شیراز که جزء شهرهای گرم و خشک به شمار می‌آید. و در انتها با کمک گرفتن از الگوهای ذکر شده در مطالعات کتابخانه‌ای و ترکیب و تحلیل آن با داده‌های اقلیمی شهر شیراز، شروع به طراحی با الگوی اقلیمی مناطق گرم و خشک پرداخته خواهد گردید. در این پژوهش از شیوه‌ی شبیه سازی به کمک نرم‌افزارهای هانی بی و لیدی باگ استفاده شده، که سه نوع شیشه‌ی پنجره، به صورت یک لایه، دو لایه و سه لایه مدل گردیده و در سطوح مختلف از ۲۰ درصد الی ۹۵ درصد، با تغییر ۵ درصدی سطوح، تک به تک مورد شبیه‌سازی و آنالیز قرار گرفته. در ابتدا به مدل‌سازی یک نمونه ساختمان در نرم‌افزار راینو و گرس هاپر پرداخته و در ادامه داده‌های اقلیمی و مدل‌سازی اقلیمی در نرم‌افزار هانی بی انجام شده و محیط بیرون در نرم‌افزار لیدی باگ شبیه‌سازی شده است. در نهایت همه‌ی تحلیل‌ها در یک جدول مشخص به صورت مصرف انرژی وات بر متر مربع کنار هم قرار گرفته تا به صورت تطبیقی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرند.

جدول ۱- روند شبیه‌سازی پژوهش (ترسیم: نگارندگان)

مدل مفهومی روند شبیه‌سازی پژوهش	
گام اول	استخراج داده‌های اقلیمی و بررسی داده‌های اقلیمی شهر شیراز
گام دوم	ساخت مدل ساختمان جهت شبیه سازی
گام سوم	انتقال داده‌ها به محیط هانی بی و لیدی باگ و ثابت نگه داشتن متغیرهای مداخله گر
گام چهارم	مشخص کردن داده‌های مورد نیاز جهت خروجی شبیه سازی
گام پنجم	انجام شبیه‌سازی سطوح مختلف پنجره نسبت به دیوار از ۲۰ درصد الی ۹۵ درصد سطح پنجره با شیشه‌های یک، دو و سه لایه
گام ششم	تحلیل تطبیقی و مقایسه خروجی داده‌ها با یکدیگر
گام هفتم	دست‌یابی به مناسب‌ترین نوع پنجره در سطوح مختلف

شبیه‌سازی اقلیمی در این پژوهش

در مرحله‌ی اول تمامی اطلاعات ۲۰ ساله‌ی اخیر اقلیمی شهر شیراز به نرم‌افزار مترونورم انتقال داده شده و پس از آن با فرمت ای پی دبلیو استخراج و به نرم‌افزارهای محاسبتی انرژی تبدیل، و به نرم افزاز شبیه‌سازی انتقال گردیده است. و در ادامه خلاصه حداکثر و حداقل اطلاعات اقلیمی چون بیش‌ترین و کم‌ترین دمای خشک، شهر شیراز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. و در نهایت میانگین درجه حرارت و حداکثر حداقل دما در طول سال در یک نمودار در آمده و محدوده‌ی دمای آسایش به صورت یک نوار خاکستری مشخص گردیده است.

جدول ۲- داده‌های اقلیمی شهر شیراز به صورت

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	369	387	422	465	474	507	514	510	507	464	362	384	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	323	299	231	235	227	189	208	229	300	316	267	453	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	210	266	303	343	343	369	363	353	309	267	236	175	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	662	697	762	821	829	887	898	892	901	818	650	664	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	474	367	353	349	334	261	287	351	432	467	364	635	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	357	491	605	651	669	628	616	603	531	466	416	272	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	3819	4237	5011	5929	6397	7027	7026	6629	6175	5117	3812	3904	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	3341	2834	2738	2995	3068	2623	2848	2988	3657	3561	2818	4608	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	2181	2911	3600	4369	4636	5112	4962	4601	3768	3018	2494	1777	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	5	7	11	17	23	27	29	29	24	18	12	6	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	-1	-1	0	2	3	1	4	4	0	-1	-1	-1	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	61	57	48	40	29	19	22	24	22	31	40	61	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	310	280	270	240	270	300	330	270	310	300	270	180	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	1	2	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	9	10	12	15	20	24	25	24	22	18	14	11	degrees C

اقلیم شهر شیراز

شهر شیراز که یکی از شهرهای مهم ایران به شمار می‌رود، به سبب موقعیت جغرافیایی خاص خود، از اقلیمی خاص و متفاوت برخوردار است که آن را از سایر شهرهای ایران جدا می‌کند. شهر شیراز دارای آب و هوای گرم و نیمه‌خشک است که حداکثر درجه حرارت به میزان ۴۳/۲ درجه در فصول گرم و حداقل دما ۱۴- درجه را در فصول سرد سال برای آن به ارمغان می‌آورد.

بحث و ارائه یافته‌های تحقیق

تحلیل سطح نورگیر و پنجره‌های تک، دو و سه لایه

در این بخش میزان سطح نورگیر از ۹۵ درصد الی ۲۰ درصد به صورت متغیر در نظر گرفته شده و در این مرحله مدل شبیه‌سازی شده به همراه پنجره‌های یک الیه، دو الیه و سه الیه به صورت سالیانه و همچنین با در نظر گرفتن مجموع نیاز سرمایش و گرمایش مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته شده، و در نهایت با مقایسه تطبیقی به میزان تأثیر استفاده از پنجره‌های یک الیه و چند الیه در درصدهای مختلف سطح نورگیر پرداخته شده و میزان اختلاف و تأثیر آن بر روی میزان انرژی مصرفی، به صورت وات بر متر مربع در جدول زیر به نمایش گذاشته شده است.

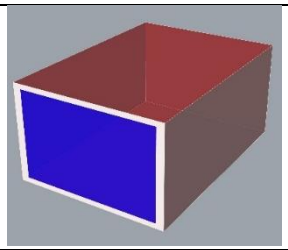
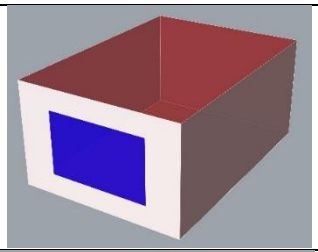
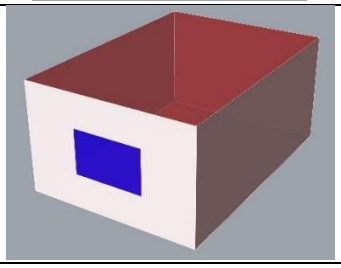
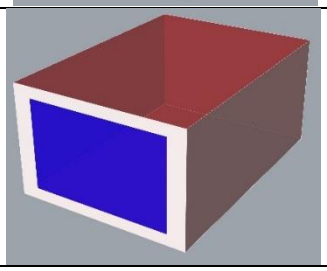
جدول ۳- تحلیل پنجره یک لایه، دو لایه و سه لایه در سطوح مختلف نورگیر

شماره	سطح نورگیر (درصد)	پنجره یک لایه (وات بر متر مربع)	پنجره دو لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره یک لایه و دو لایه (وات بر متر مربع)	پنجره سه لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره یک لایه و سه لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره دولایه و سه لایه (وات بر متر مربع)
۱	۹۵	۱۰۶۴٫۸۵	۱۰۳۳٫۰۲	۳۱٫۸۳	۱۰۲۱٫۳۷	۴۳٫۴۸	۱۱٫۶۵
درصد	۹۵	----	----	٪۳	----	۴٪	٪۱
۲	۹۰	۱۰۵۲٫۸۱	۱۰۲۴٫۲۴	۲۸٫۵۷	۱۰۱۴٫۲۲	۳۸٫۵۹	۱۰٫۰۲
درصد	۹۰	----	----	٪۲٫۷	----	۳٫۶٪	٪۱
۳	۸۵	۱۰۴۲	۱۰۱۶٫۶۵	۲۵٫۳۵	۱۰۰۸٫۱۷	۳۳٫۸۳	۸٫۴۸
درصد	۸۵	----	----	٪۲٫۴	----	٪ ۳٫۲	٪ ۰٫۸
۴	۸۰	۱۰۳۲٫۳۹	۱۰۱۰٫۱۳	۲۲٫۲۶	۱۰۰۳٫۰۱	۲۹٫۳۸	۷٫۱۲
درصد	۸۰	----	----	٪ ۲٫۱	----	٪ ۲٫۸	٪ ۰٫۷
۵	۷۵	۱۰۲۳٫۹۹	۱۰۰۴٫۵۹	۱۹٫۴۰	۹۹۸٫۷۳	۲۵٫۲۶	۵٫۸۶
درصد	۷۵	----	----	٪ ۱٫۹	----	٪ ۲٫۴۶	٪ ۰٫۵
۶	۷۰	۱۰۱۶٫۷۳	۱۰۰۰٫۰۳	۱۶٫۷۱	۹۹۵٫۲۵	۲۱٫۴۸	۴٫۷۸
درصد	۷۰	----	----	٪ ۱٫۶	----	٪ ۲٫۱	٪ ۰٫۵

شماره	سطح نورگیر (درصد)	پنجره یک لایه (وات بر متر مربع)	پنجره دو لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره یک لایه و دو لایه (وات بر متر مربع)	پنجره سه لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره یک لایه و سه لایه (وات بر متر مربع)	اختلاف پنجره دولایه و سه لایه (وات بر متر مربع)
۷	۶۵	۱۰۱۰,۵۷	۹۹۶,۳۳	۱۴,۲۴	۹۹۲,۵۰	۱۸,۰۷	۳,۸۳
درصد	۶۵	----	----	٪ ۱,۴	----	٪ ۱,۸	٪ ۰,۴
۸	۶۰	۱۰۰۵,۳۹	۹۹۳,۴۴	۱۱,۹۵	۹۹۰,۴۷	۱۴,۹۲	۲,۹۷
درصد	۶۰	----	----	٪ ۱,۲	----	٪ ۱,۵	٪ ۰,۲
۹	۵۵	۱۰۰۱,۱۸	۹۹۱,۳۳	۹,۸۵	۹۸۹,۰۶	۱۲,۱۲	۲,۲۷
درصد	۵۵	----	----	٪ ۰,۹۵	----	٪ ۱	٪ ۰,۲
۱۰	۵۰	۹۹۷,۸۸	۹۸۹,۸۷	۸,۰۱	۹۸۸,۱۷	۹,۷۱	۱,۷۰
درصد	۵۰	----	----	٪ ۰,۸	----	٪ ۰,۹۷	٪ ۰,۱۷
۱۱	۴۵	۹۹۵,۳۴	۹۸۸,۹۵	۶,۳۹	۹۸۷,۷۳	۷,۶۱	۱,۲۲
درصد	۴۵	----	----	٪ ۰,۶۴	----	٪ ۰,۷۶	٪ ۰,۱۲
۱۲	۴۰	۹۹۳,۴۶	۹۸۸,۵۲	۴,۹۴	۹۸۷,۶۸	۵,۷۸	۰,۸۴
درصد	۴۰	----	----	٪ ۰,۵	----	٪ ۰,۵۸	٪ ۰,۰۸
۱۳	۳۵	۹۹۲,۲۰	۹۸۸,۴۹	۳,۷۱	۹۸۷,۹۴	۴,۲۶	۰,۵۵
درصد	۳۵	----	----	٪ ۰,۳۷	----	٪ ۰,۴۳	٪ ۰,۰۶
۱۴	۳۰	۹۹۱,۴۳	۹۸۸,۷۶	۲,۶۷	۹۸۸,۴۳	۳	۰,۳۳
درصد	۳۰	----	----	٪ ۰,۲۷	----	٪ ۰,۳	٪ ۰,۰۳
۱۵	۲۵	۹۹۱,۰۷	۹۸۹,۷۶	۱,۳۱	۹۸۸,۹۵	۲,۱۲	۰,۸۱
درصد	۲۵	----	----	٪ ۰,۱۳	----	٪ ۰,۲۱	٪ ۰,۰۸
۱۶	۲۰	۹۹۰,۸۴	۹۸۹,۲۰	۱,۶۴	۹۸۹,۴۳	۱,۴۱	۰,۲۳
درصد	۲۰	----	----	۰,۱۶	----	٪ ۰,۱۴	٪ ۰,۰۲

(مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

جدول ۴- نمایش گرافیکی بخشی از مدل شبیه‌سازی شده

شماره	تصویر گرافیکی	شماره	تصویر گرافیکی
۱		۲	
۳		۴	

(مطالعات نویسندگان، ۱۴۰۳)

سطح نورگیر و پنجره‌های یک، دو و سه لایه

در این بخش تنها میزان سطح نورگیر از ۹۵ درصد الی ۲۰ درصد به صورت متغیر در نظر گرفته شده و در این مرحله مدل شبیه‌سازی شده به همراه پنجره‌های یک لایه، دو لایه و سه لایه به صورت سالیانه و همچنین با در نظر گرفتن مجموع نیاز سرمایش و گرمایش مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته شده، و در نهایت با مقایسه تطبیقی به میزان تأثیر استفاده از پنجره‌های یک لایه و چند لایه در درصدهای مختلف سطح

نورگیر پرداخته شده و میزان اختلاف و تأثیر آن بر روی میزان انرژی مصرفی، به صورت وات بر متر مربع در جدول زیر به نمایش گذاشته شده است.

به عبارتی می‌توان به تأثیر قابل توجه استفاده از پنجره سه لایه به جای یک لایه در سطوح نورگیر زیاد، مانند ۹۵ درصد سطح نورگیر، که تأثیر آن اختلاف بیش از ۴۰ وات بر متر مربع بوده، اشاره کرد و همچنین در ادامه اختلاف ۳۸ و ۳۳ وات بر متر مربع در سطح نورگیر ۹۰ و ۸۵، تفاوت ۲۹، ۲۵ و ۲۱ وات بر متر مربع برای سطوح ۸۰، ۷۵ و ۷۰ درصدی سطح نورگیر، و همچنین اختلاف ۱۸، ۱۴ و۱۲ وات بر متر مربع در راستای تفاوت استفاده از پنجره یک لایه و سه لایه در سطوح نورگیر ۶۵، ۶۰ و ۵۰ درصدی می‌باشد. در ادامه با کم‌تر شدن میزان سطح نورگیر این اختلاف عدد به کمتر از ۱۰ وات بر متر مربع و حتی کمتر از ۵ وات بر متر مربع بود و این امر تا آنجا ادامه پیدا کرده که در ۲۰ درصد سطح نورگیر اختلاف پنجره یک لایه و سه لایه تنها ۱,۴ وات بر متر مربع بوده و همچنین در سطوح نورگیر ۲۰ درصدی الی ۵۰ درصد اختلافی بین مصرف انرژی در پنجره دو لایه و سه لایه مشاهده نمی‌شود و یا در نهایت این اختلاف فقط به یک وات بر متر مربع می‌رسد، این در حالی است که این اختلاف برای پنجره دو لایه و سه لایه برای ۵۵ درصد الی ۷۰ درصد سطح نورگیر ۵ وات بر متر مربع بوده اما برای ۷۰ درصد الی ۸۵ درصد سطح نورگیر ۷ و ۸ وات بر متر مربع، و برای ۹۰ الی ۹۵ درصد سطح نورگیر حداکثر ۱۰ و ۱۲ وات بر متر مربع می باشد. از این تحلیل می‌توان این نتیجه را گرفت که در پنجره با سطوح ۲۰ الی ۵۰ درصد استفاده پنجره سه لایه تفاوتی با پنجره دو لایه نداشته و می‌توان از همان پنجره دو لایه استفاده کرد، اما در سطوح نورگیر بیشتر مانند ۷۰ الی ۹۵ درصد، هر چه که این سطح نورگیر بیشتر شده، تأثیر پنجره چند لایه می‌تواند تأثیرگذارتر و نقش قابل توجه‌ای در کنترل انرژی و بهینه‌تر کردن مصرف انرژی را داشته باشد. با کاهش سطح نورگیری از ۹۵ به ۲۰، اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های دو لایه و سه لایه کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد که با کاهش سطح نورگیری، کارایی حرارتی پنجره‌های دو لایه و سه لایه به هم نزدیک‌تر می‌شود .در سطح نورگیری ۹۵، اختلاف مصرف انرژی به بیشترین مقدار خود یعنی ۱۱,۶۵ می‌رسد. این امر نشان می‌دهد که در شرایطی که نیاز به کنترل حرارتی بیشتر است، پنجره‌های سه لایه عملکرد بهتری دارند .در سطح نورگیری ۲۰، اختلاف مصرف انرژی به کمترین مقدار خود یعنی ۰,۲۳ می‌رسد. این نشان می‌دهد که در شرایطی که نیاز به کنترل حرارتی کمتر است، تفاوت کارایی بین پنجره‌های دو لایه و سه لایه چندان محسوس نیست. به عبارتی دیگر چنین می‌توان گفت که در سطوح بالا مانند ۹۵ و ۹۰ درصد سطح نورگیر اختلاف پنجره یک لایه و سه لایه ۴ درصد بوده که با کاهش سطح نورگیر این اختلاف نیز به صورت پیوسته کاهشه می‌یابد، تا آنجا که زمانی به میزان سطوح نورگیر پایین می‌رسیم این اختلاف به زیر یک درصد و به عبارتی ۰,۱۴ درصد، در هر متر مربع از زیر بنای فضای شبیه‌سازی شده می‌رسد. به اندازه‌ای این عدد ناچیز بوده که می‌توان گفت در سطوح پایین استفاده از پنجره‌های چند لایه چندان تفاوتی با پنجره یک لایه ندارد.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

با بررسی داده‌های مختلف مربوط به اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های یک لایه، دو لایه و سه لایه در سطوح نورگیری مختلف، می‌توان نتیجه‌گیری کلی زیر را ارائه داد:

در ابتدا به نتیجه‌گیری پنجره یک لایه و ساه لایه پرداخته شده و در ادامه پنجره یک و دو لایه با یکدیگر مقایسه تطبقی شده تا به مناسب ترین الگو دست یافت، کاهش اختلاف با کاهش سطح نورگیری :مشابه تحلیل قبلی، با کاهش سطح نورگیری، اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های یک لایه و سه لایه نیز کاهش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد که کارایی حرارتی پنجره‌های یک لایه و سه لایه با کاهش نورگیری به هم نزدیک‌تر می‌شود. بیشترین اختلاف در سطوح بالای نورگیری :در سطح نورگیری ۹۵، اختلاف مصرف انرژی به بیشترین مقدار خود یعنی ۴۳,۴۸ می‌رسد. این نشان می‌دهد که در شرایط نیاز به کنترل حرارتی بیشتر، پنجره‌های سه لایه عملکرد بهتری نسبت به پنجره‌های یک لایه دارند. کمترین اختلاف در سطوح پایین نورگیری :در سطح نورگیری ۲۰، اختلاف مصرف انرژی به کمترین مقدار خود یعنی ۱,۴۱ می‌رسد. این امر نشان می‌دهد که در شرایط نیاز به کنترل حرارتی کمتر، تفاوت کارایی بین پنجره‌های یک لایه و سه لایه کمتر محسوس است. کاهش اختلاف با کاهش سطح نورگیری :با کاهش سطح نورگیری، اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های یک لایه و دو لایه کاهش می‌یابد. این نشان می‌دهد که با کاهش سطح نورگیری، کارایی حرارتی پنجره‌های یک لایه و دو لایه به هم نزدیک‌تر می‌شود .بیشترین اختلاف در سطوح بالای نورگیری :در سطح نورگیری ۹۵، اختلاف مصرف انرژی به بیشترین مقدار خود یعنی ۳۱,۸۳ می‌رسد. این امر نشان می‌دهد که در شرایط نیاز به کنترل حرارتی بیشتر، پنجره‌های دو لایه عملکرد بهتری نسبت به پنجره‌های یک لایه دارند .کمترین اختلاف در سطوح پایین نورگیری :در سطح نورگیری ۲۵، اختلاف مصرف انرژی به کمترین مقدار خود یعنی ۱,۳۱ می‌رسد. این نشان می‌دهد که در شرایط نیاز به کنترل حرارتی کمتر، تفاوت کارایی بین پنجره‌های یک لایه و دو لایه کمتر محسوس است. پنجره‌های سه لایه در تمام سطوح

نورگیری (از ۹۵ تا ۲۰) بهترین عملکرد را در کاهش مصرف انرژی دارند. اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های یک لایه و سه لایه در سطوح بالای نورگیری بسیار زیاد است، به طوری که در سطح نورگیری ۹۵ این اختلاف به ۴۳,۴۸ می‌رسد. این اختلاف با کاهش سطح نورگیری کاهش می‌یابد، اما همچنان پنجره‌های سه لایه در شرایط با نیاز به کنترل حرارتی بالا، بهترین گزینه هستند .پنجره‌های دو لایه نیز نسبت به پنجره‌های یک لایه عملکرد بهتری دارند و در سطوح بالای نورگیری (مانند ۹۵ و ۹۰) اختلاف قابل توجهی در مصرف انرژی مشاهده می شود. به عنوان مثال، در سطح نورگیری ۹۵، اختلاف مصرف انرژی بین پنجره‌های یک لایه و دو لایه برابر با ۳۱,۸۳ است. با کاهش سطح نورگیری، این اختلاف کاهش می‌یابد، اما پنجره‌های دو لایه همچنان گزینه مناسبی برای کاهش مصرف انرژی در مقایسه با پنجره‌های یک لایه هستند. پنجره‌های یک لایه در سطوح پایین نورگیری (مانند ۲۰ و ۲۵) با توجه به کاهش نیاز به کنترل حرارتی، عملکرد قابل قبولی دارند. در این سطوح، اختلاف مصرف انرژی با پنجره‌های دو لایه و سه لایه به حداقل می‌رسد .برای انتخاب مناسب‌ترین نوع پنجره، باید سطح نورگیری محیط و نیازهای حرارتی به دقت مورد بررسی قرار گیرد. پنجره‌های سه لایه بهترین عملکرد را در کاهش مصرف انرژی دارند و برای شرایط با نیاز به کنترل حرارتی بالا توصیه می‌شوند. پنجره‌های دو لایه نیز گزینه مناسبی هستند و در مقایسه با پنجره‌های یک لایه، مصرف انرژی کمتری دارند. در نهایت، در شرایط با نیازهای حرارتی کمتر و سطح نورگیری پایین، پنجره‌های یک لایه نیز می‌توانند عملکرد قابل قبولی ارائه دهند و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند. در پژوهش شاعری و همکاران به تأثیر نوع گاز میانی پنجره‌ها دو و سه لایه در اقلیم‌های مختلف پرداخته شده است و مدل شبیه‌سازی شده یک ساختمان ۲۰۰ متر مربعی با ارتفاع ۴ متری بوده که دارا پنجره در چهار طرف ساختمان بوده است، نتیجه‌ی نهایی برای اقلیم گرم و خشک جهت کاهش بار سرمایش ۱۴,۸ درصد می‌باشد (Shaeri et al, 2020: 214) و همچنین در پژوهشی دیگر در ارتباط با پنجره‌های چند لایه نتایج چنین نشان می‌دهد که استفاده از قاب‌های یو پی وی سی می‌توان تا ۵ درصد از بارهای گرمایش و ۲,۵ درصد از بارهای سرمایشی کل ساختمان را کاهش داد (Bagheri Esfe & Shahriar, 2019: 1415).

منابع

۱. باقری اسفه، حامد، و شهریار، مصطفی. (۱۳۹۸). تأثیر استفاده از گازهای مختلف در پنجره‌های چندجداره به‌منظور کاهش تلفات حرارتی ساختمان .مهندسی مکانیک مدرس، ۱۹(۶)، ۱۴۰۹-۱۴۱۶. http://dorl.net/dor/20.1001.1.10275940.1398.19.6.24.8

۲. زاهدی، محمدمهدی، و نونژاد، نرگس. (۱۴۰۳). بررسی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل پایدار شهری در جهت ارتقاء فضاهای شهری (مورد مطالعه: محله ستارخان شهر تهران) .معماری و محیط پایدار، ۲(۵)، ۴۹-۶۹. https://sanad.iau.ir/Journal/jsae/Article/1121827

۳. شاعری، جلیل؛وکیلی‌نژاد، رزا، و یعقوبی، محمود. (۱۳۹۸). تأثیر نوع گازهای میانی پنجره‌های دو و سه‌جداره بر بار سرمایش و گرمایش ساختمان‌های اداری در اقلیم گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد ایران .معماری و شهرسازی ایران، ۱۰(۲)،۲۱۱-۲۲۵. https://doi.org/10.30475/isau.2020.103683

۴. عوضعلی‌پور حقیقت‌پرست، شکوفه؛ تقی‌زاده، یزدان، و ذبیحی، حسین. (۱۳۹۸). طراحی الگوی بومی در اقلیم گرم و خشک جهت کاهش مصرف انرژی در بخش مسکن (مطالعه موردی: شهر یزد) .علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۳(۲۱)، ۲۲۷-۲۳۶. https://doi.org/10.22034/jest.2019.14554

۵. فتحعلیان، افشین، و کارگر شریف‌آباد، هادی. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر تعویض پنجره با شیشه‌های دوجداره بجای تک‌جداره در ساختمان اداری در اقلیم سمنان به کمک نرم‌افزار دیزاین بیلدر .نشریه مهندسی مکانیک و ارتعاشات، ۸(۴)، ۱۴-۱۹ . https://sanad.iau.ir/fa/Article/934265?FullText=FullText

۶. غفاری جباری، شهلا.، و صالح، الهام. (۱۳۹۲). راهکارهای طراحی مسکن در بهینه‌سازی انرژی تهران .فصلنامه پژوهش‌های سیاست و برنامه‌ریزی انرژی، ۱(۱)، ۱۱۵-۱۳۲. https://epprjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-2-6&sid=1&slc_lang=fa

۷. ملک‌احمدی، سینا؛ ماجدی، حمید و لب‌بزاده، راضیه. (۱۴۰۳). بهینه‌سازی انرژی در فصول سرد و گرم با استفاده از دیوار ترومب در ساختمان‌های اداری .مجله معماری پایدار و محیط زیست، ۲(۲)، ۱-۱۴. https://sanad.iau.ir/journal/jsae/Article/1105352

۸. نظربلند، نازیلا؛، غیایی، محمد مهدی و مافی، مصطفی. (۱۴۰۳). کاهش مصرف انرژی از طریق بهینه‌سازی پرده‌ها در ساختمان‌های مسکونی بلندمرتبه با الهام از نورگیرهای ساختمان‌های سنتی شیراز .مطالعات هنر اسلامی، ۱۸(۴۲)، ۳۹۴-۴۰۸ . https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.1735708.1400.18.42.25.6

۹. وهابی، ویدا، و مهدوی‌نیا، مجتبی. (۱۳۹۷). تأثیر ویژگی‌های کالبدی پوشش‌های محافظ پنجره بر عملکرد حرارتی ساختمان‌های مسکونی شهر تهران .معماری و شهرسازی ایران(JIAU) ، ۹(۱)، ۷۵-۹۰. https://doi.org/10.30475/isau.2018.68581

۱۰. هاشمی، فاطمه، و حیدری، شاهین. (۱۳۹۱). بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد (نمونه موردی: شهر اردبیل) . صفه، ۲۲(1)، ۸۶–۷۵.

11. Ahmed Emad Ahmed, Mahmood Sh. Suwaed, Ahmed Mohammed Shakir, Ahmed Ghareeb, (2023), The impact of window orientation, glazing, and window-to-wall ratio on the heating and cooling energy of an office building: The case of hot and semi-arid climate, Journal of Engineering Research https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.034
12. Edward Field, Aritra Ghosh, Energy assessment of advanced and switchable windows for less energy-hungry buildings in the UK, Energy, Volume 283, 2023 https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128999
13. Yueping Fang, Trevor J. Hyde, Farid Arya, Neil Hewitt, Ruzhu Wang, Yanjun Dai, Enhancing the thermal performance of triple vacuum glazing with low-emittance coatings, Energy and Buildings, Volume 97, 2015, Pages 186-195, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.006.
14. H. Manz, (2008), On minimizing heat transport in architectural glazing, enew Energy, vol. 33: 119-128. https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.01.007
15. Ignacio Acosta, Miguel Ángel Campano, Juan Francisco Molina, (2016), Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces, Applied Energy, Volume 168, Pages 493-506. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.005
16. M.S. Söylemez, (2009), Thermo economical optimization of number of panes for windows, Journal of Energy Engineering, ASCE 135, 21-24
17. M. Arıcı, H. Karabay, M. Kan, (2015), Flow and heat transfer in double, iple and quadruple pane windows, Energy Build, vol. 86: 394-402. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.043
18. Pilechiha, P., Bayat, M., & Ghasemi Nasab, M., (2021). Energy Optimization of Double Glazed Window Parameters in Hot and Arid Climate (Case Study: the Southern Front of an Office Building in Tehran). Hoviateshahr, 15(47), 5-14. SID. https://sid.ir/paper/951410/en.
19. Saboor Shaik, Venkata Ramana Maduru, Gorantla Kirankumar, Müslüm Arıcı, Aritra Ghosh, Karolos J. Kontoleon, Asif Afzal, (2022), Space-age energy saving, carbon emission mitigation and color rendering perspective of architectural antique stained glass windows, Energy, Volume 259. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124898
20. Tafakkori, R., Fattahi, A., (2021), Introducing novel configurations for double-glazed windows with lower energy loss, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 43. https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100919
21. Washim Akram,M , M. Hasannuzaman, Erdem Cuce, Pinar Mert Cuce, (2023), Global technological advancement and challenges of glazed window, facade system and vertical greenery-based energy savings in buildings: A comprehensive review, Energy and Built Environment, Volume 4, Issue 2 , Pages 206-226. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.11.003
22. Xiaosong Su, Ling Zhang, Zhongbing Liu, (2023), Daylighting and energy performance of the combination of optical fiber based translucent concrete walls and windows, Journal of Building Engineering, Volume 67. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105959
23. Xinpeng Yang, Dong Li, Ruitong Yang, Yuxin Ma, Xiangyu Tong, Yangyang Wu, Müslüm Arıcı, (2023), Comprehensive performance evaluation of double-glazed windows containing hybrid nanoparticle-enhanced phase change material, Applied Thermal Engineering, Volume 223, https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.119976.